

# 人工繁殖虾夷马粪海胆生长模型\*

丁 君 王永华 银学祥 常亚青\*\*

(大连海洋大学农业部海洋水产增养殖学重点开放实验室, 大连 116023)

**摘 要** 以虾夷马粪海胆(*Strongylocentrotus intermedius*)家系为实验材料,对比分析了每个母系从孵化后到 17 月龄(性成熟)的体重、壳径、壳高的生长情况,并进行了生长性状间的相关分析及预测模型的构建。结果表明:5~15 月龄,各家系虾夷马粪海胆在壳径、壳高与体重方面的差异均不显著( $P>0.05$ ),17 月龄时,各家系的生长指标出现差异( $P<0.05$ );虾夷马粪海胆壳径、壳高生长呈线性模型,而体重生长呈指数模型;利用虾夷马粪海胆各月龄生长性状数据,进行了虾夷马粪海胆壳径、壳高与体重相关关系分析, $R^2$  值为 0.68~0.86,而虾夷马粪海胆父母本的生长性状与子代的生长性状相关性较低(0~0.25)。虾夷马粪海胆体重、壳径和壳高的生长预测模型表明,通过 11 月龄体重预测 17 月龄体重的准确率可达 73.6%;本研究有助于深入了解虾夷马粪海胆的生长发育特征,并为其健康养殖模式构建提供理论依据。

**关键词** 虾夷马粪海胆; 生长性状; 相关性分析

**中图分类号** S963 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2010)11-2175-06

**Growth model of artificially bred *Strongylocentrotus intermedius*.** DING Jun, WANG Yong-hua, YIN Xue-xiang, CHANG Ya-qing (Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Agriculture, Dalian Ocean University, Dalian 116023, Liaoning, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(11): 2175–2180.

**Abstract:** Sea urchin (*Strongylocentrotus intermedius*) purebreds were established by using artificial insemination (1 ♂:3 ♀), and the phenotype characters (shell length, shell height, and body weight) of thirty individuals of each purebred from 5–15 months old to sexual maturation (17 months old) were analyzed. The correlation analysis of the characters was carried out, and the growth prediction model was constructed. There were no significant differences ( $P>0.05$ ) in the phenotype characters among the individuals of the purebreds at 5–15 months old, but significant differences for those at sexual maturation ( $P<0.05$ ). The growth of shell length and shell height showed linear models, while that of body weight showed an exponential model. The multiple correlation coefficient ( $R^2$ ) of the phenotype characters was 0.68–0.86. The body weight at 17 months old could be predicted by that at 11 months old, with the accuracy of 73.6%. There was no strong relationship between the parents and the offspring in the phenotype characters ( $R^2=0-0.25$ ). This study contributed to deepen our understanding of the growth pattern of *S. intermedius*, and provided theoretical basis for the construction of healthy aquaculture mode.

**Key words:** *Strongylocentrotus intermedius*; growth character; correlation analysis.

虾夷马粪海胆(*Strongylocentrotus intermedius*)原产于日本北部海域,1989 年由大连水产学院从日本引入中国,并在辽宁、山东等部分沿海地区养殖,现已发展成为中国重要出口创汇海产品,有极好的增

养殖发展前景(常亚青等,2004)。国外,通常将海胆作为胚胎发育的模式生物进行生理学、遗传学及基因组学方面的研究,一般不进行养殖及遗传育种方面的研究。国内对虾夷马粪海胆的研究大都集中在引种、育苗、养殖技术(尤凯等,2003;常亚青等,2004)、繁殖(刘小林等,2003;夏长革等,2006)、分子生物学(常亚青等,2004)等方面。对于遗传育种

\* 国家 863 重大项目(2006AA10A411)、国家自然科学基金项目(30972269)和辽宁省农业攻关资助项目(2007203004)。

\*\* 通讯作者 E-mail: yqchang@dlou.edu.cn

收稿日期: 2010-03-04 接受日期: 2010-07-29

研究,对不同家系的生长性状进行对比分析,在此基础上进行生长性状间相关分析和模型构建,有助于了解虾夷马粪海胆的生长发育特征,解决育种工作中留种问题。

国外有关鱼类生长相关性研究,特别是鱼类体长-体重相关性研究及模型构建方面有较多报道 (Okan *et al.* ,2007;Rafia *et al.* ,2007;Mourad *et al.* , 2008)。由于此模型对估算、预测所研究鱼类的生长速率、年龄结构、性腺成熟度、性别、营养状况及其他群体生长动力学指标有重要作用,受到研究者的重视 (Amin *et al.* ,2005;马境等,2007;Pawel *et al.* , 2007;Kara & Bayhan,2008)。国内这方面的文献多见于畜 (王欣等,2008;张元跃,2008;周梁,2008)、禽 (郑云等,2005;陈清等,2006) 的生长发育、遗传育种相关研究。本研究利用虾夷马粪海胆家系获得大量生长数据,在对数据进行相关分析的基础上构建模型,这有助于深入了解虾夷马粪海胆的生长发育特征,并为其健康养殖模式构建提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 虾夷马粪海胆的家系构建方案

亲本虾夷马粪海胆取自中国大连付家庄和凌水养殖二场,采用巢式交配设计,试验中的 15 个雄性海胆,分别配 3 个雌性海胆,产生 15 个半同胞家系和 45 个全同胞家系,定期测定每个家系的 30 个个体的体重、壳径和壳高。

1.2 虾夷马粪海胆人工授精及孵化

选择发育良好的亲海胆,阴干 0.5 h 后向每只海胆围口膜处注射 0.5 mol · L<sup>-1</sup> KCl 溶液 1 ~ 2 ml 催产,取适量的卵液放置于 10 L 的塑料水槽中,加入与实验设计对应的雄性个体的精液授精,受精卵在 17 ℃ ~ 18 ℃ 孵化,孵化密度控制在 10 ~ 15 个 · ml<sup>-1</sup>,各虾夷马粪海胆家系受精率均在 98% 以上,受精卵在受精后 11.5 h 开始上浮,30 ~ 32 h 发育到长腕幼体。

1.3 虾夷马粪海胆培育

虾夷马粪海胆家系饲养在 10 L 的塑料桶中,水温控制在 17.0 ℃ 左右;幼体在二腕期到四腕期的密度控制在 1.0 个 · ml<sup>-1</sup> 左右,到八腕期时密度控制在 0.5 个 · ml<sup>-1</sup> 左右,供给适量的纤细角毛藻 (*Chaetoceros gracilis*),光照强度控制在 300 lx。通常幼虫在经过 18 ~ 20 d 的发育开始变态,21 ~ 22 d 就可以在波纹板上看到已经变态的稚海胆。3 个月后

将幼海胆从板上剥离下来,并投喂石莼 (*Ulva lactuca*);4 个月后将幼海胆按组别装入塑料网箱并悬挂于盛 1000 kg 水的玻璃钢水槽中饲养,定时疏散养殖密度。5 月龄时开始测定各家系海胆的体重、壳径、壳高和成活率。

1.4 数据统计及模型构建

所观测的数据以平均值 ± 标准差表示,Duncan 方差分析进行显著性检验,SPSS 数据分析软件构建虾夷马粪海胆壳径、壳高和体重的生长模型;同时进行各月龄海胆壳径、壳高与体重及亲代与子代生长性状的相关分析。

2 结果与分析

2.1 虾夷马粪海胆家系各月龄生长指标

为了便于分析,表 1 仅列出虾夷马粪海胆 5 月龄 (即第一次测量获得的数据)、11 月龄 (即接近 1 年龄时的数据) 和 17 月龄 (处于繁殖期) 的数据。对比 5 ~ 17 月龄的虾夷马粪海胆生长数据发现,5 ~ 15 月龄各家系在壳径、壳高与体重方面的差异均不

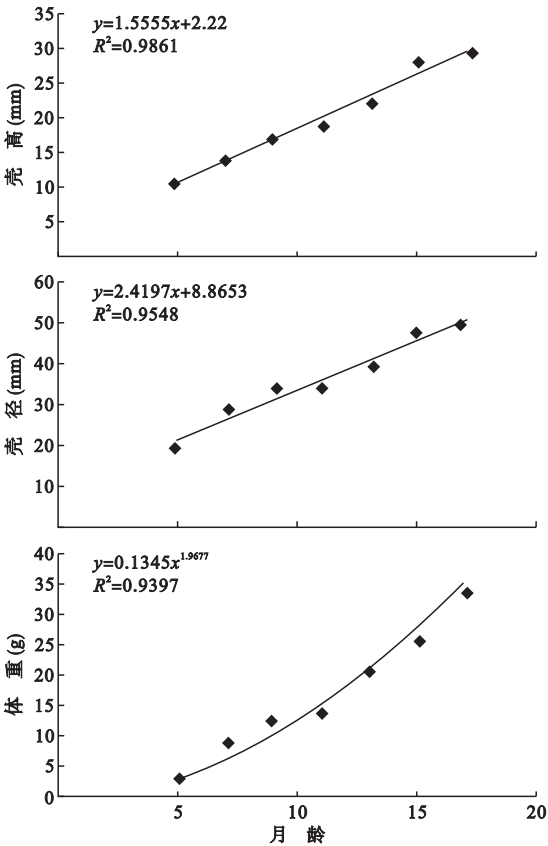


图 1 虾夷马粪海胆壳径、壳高与体重生长模型  
Fig. 1 Growth model of shell length, shell height and body weight of *Strongylocentrotus intermedius*

表 1 虾夷马粪海胆家系 5、11、17 月龄生长情况  
Tab.1 Growth of *Strongylocentrotus intermedius* strains at 5, 11, 17 months old

家系	5 月龄			11 月龄			17 月龄		
	壳径	壳高	体重	壳径	壳高	体重	壳径	壳高	体重
1	19.35 ±1.17	10.97 ±1.75	2.77 ±1.17	38.27 ±3.48	21.65 ±2.26	20.09 ±5.27	45.33ab ±5.87	25.80bcd ±3.87	31.62ab ±7.44
2	18.85 ±2.93	10.63 ±1.68	2.60 ±1.04	40.96 ±3.34	23.59 ±1.99	22.45 ±4.89	50.87ab ±3.96	30.77 abc ±2.79	38.65a ±7.65
3	19.56 ±3.00	10.90 ±1.86	2.63 ±1.10	41.36 ±3.72	22.70 ±2.59	24.34 ±5.46	50.89ab ±5.61	30.52abc ±3.79	38.31a ±10.53
4	18.67 ±2.19	11.10 ±1.27	2.44 ±0.78	40.18 ±3.04	22.44 ±2.70	22.12 ±3.93	50.97ab ±4.17	30.70 abc ±2.61	38.16a ±8.17
5	18.39 ±2.69	11.03 ±1.44	2.47 ±0.94	37.05 ±3.02	20.26 ±2.06	18.00 ±4.02	48.77ab ±4.77	28.58 bed ±2.51	29.50bc ±6.25
6	18.78 ±2.61	10.56 ±1.57	2.51 ±0.91	39.40 ±3.72	23.89 ±2.23	22.55 ±5.56	52.06a ±4.89	31.59ab ±3.49	39.11a ±10.69
7	17.57 ±2.72	9.98 ±1.59	2.15 ±0.97	37.01 ±3.75	20.11 ±2.57	18.84 ±5.16	47.50ab ±4.74	35.27a ±9.75	31.29ab ±9.14
8	16.35 ±3.46	9.28 ±2.02	1.79 ±0.90	36.88 ±4.04	20.79 ±2.24	18.91 ±5.84	47.44ab ±6.10	27.86 bcd ±4.13	31.56ab ±9.04
9	16.36 ±6.92	8.86 ±1.54	1.97 ±0.94	36.31 ±3.44	19.27 ±2.95	19.38 ±4.12	48.23ab ±4.32	28.25 bed ±3.79	34.63ab ±7.92
10	17.83 ±3.06	10.36 ±1.73	2.24 ±0.97	40.22 ±2.86	23.22 ±2.11	21.51 ±3.56	51.15ab ±5.04	30.85 abc ±2.80	37.14ab ±8.85
11	17.53 ±2.74	9.91 ±1.70	2.17 ±0.81	38.07 ±3.14	21.73 ±2.04	19.73 ±5.04	43.96b ±5.10	24.48cd ±3.97	30.88b ±7.53
12	18.04 ±3.30	10.45 ±1.90	2.32 ±1.01	38.59 ±3.40	21.96 ±2.23	19.76 ±4.63	44.98ab ±5.42	26.31bcd ±4.27	30.79b ±8.71
13	18.70 ±2.65	10.87 ±1.99	2.46 ±1.01	39.00 ±3.19	21.82 ±2.33	20.48 ±4.38	50.25ab ±4.26	28.65 bed ±2.82	34.16ab ±7.93
14	18.51 ±2.70	10.13 ±1.82	2.32 ±0.92	39.62 ±2.80	22.20 ±2.07	20.51 ±3.50	46.52ab ±5.72	26.89 bed ±4.76	30.64b ±8.04
15	17.32 ±2.80	10.48 ±1.72	2.09 ±0.85	38.26 ±2.62	21.33 ±2.16	19.49 ±3.91	49.82ab ±4.10	28.73 bed ±2.95	33.76ab ±9.08

同列不同字母差异显著。

显著( $P>0.05$ );在 17 月龄时,各家系在各生长指标中表现出差异( $P<0.05$ ),从表 1 可知,家系 6 的壳径、体重在 15 个家系中最高;家系 7 的壳高在 15 个家系中最高;家系 11 的各项生长指标都是 15 个家系中最低的。

2.2 虾夷马粪海胆壳径、壳高与体重生长模型构建

从图 1 可知,壳径、壳高为线性时拟合最好, $R^2$  分别为 0.955 和 0.986,体重生长符合指数模型, $R^2$  为 0.940,显示虾夷马粪海胆壳径、壳高与体重是以

不同方式增长的。

2.3 虾夷马粪海胆壳径、壳高与体重相关关系及模型

表 2 显示,虾夷马粪海胆各家系各月龄壳径、壳高与体重生长并不同步,在 5~7 月龄及 13~15 月龄,壳径、壳高最快;体重在 5~7 月龄及 15~17 月龄生长最快。从表 2 可知,各月龄的  $R^2$  都在 0.7 以上,表明多元线性回归能很好地拟和壳径、壳高与体重的关系。图 2 是以 11 月龄为例,做出的虾夷马粪海胆实际体重值与模型估计值关系图。

表 2 虾夷马粪海胆壳径( $d$ )、壳高( $h$ )与体重( $W$ )相关关系及模型  
Tab.2 Correlativity and model of shell length, shell height and body weight of *Strongylocentrotus intermedius*

月龄	壳径 (mm)	壳径月增重 (mm·月 <sup>-1</sup> )	壳高 (mm)	壳高月增重 (mm·月 <sup>-1</sup> )	体重 (g)	体重月增重 (g·月 <sup>-1</sup> )	模型	$R^2$
5	18.12		10.32		2.33		$W=0.224d+0.135h-3.137$	0.80
7	28.72	5.30	14.40	2.04	8.93	3.3	$W=0.701d+0.033h-11.688$	0.86
9	32.54	1.91	17.38	1.49	12.17	1.62	$W=0.674d+0.277h-14.565$	0.78
11	34.09	0.78	19.25	0.95	13.78	0.81	$W=0.886d+0.0929h-18.209$	0.81
13	38.75	2.33	21.80	1.28	20.41	3.32	$W=1.135d+0.0968h-25.679$	0.77
15	47.39	4.32	27.11	2.66	25.59	2.59	$W=0.915d+0.742h-37.909$	0.75
17	48.77	0.69	29.41	1.15	34.11	4.26	$W=1.348d+0.109h-34.804$	0.68

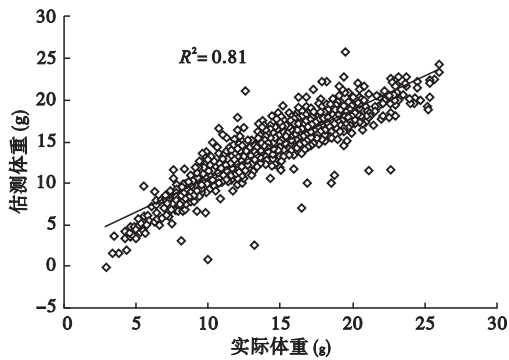


图2 11月龄虾夷马粪海胆体重实际值与估算值

Fig.2 Real weight and assessment weight of *Strongylocentrotus intermedius* at 11 months old

2.4 虾夷马粪海胆父母本与子代生长性状相关分析

从每个家系中抽取 1 组父母本及子代数据进行

虾夷马粪海胆父母本与子代生长性状相关性分析 (表 3)。

根据父母本与子代的壳径、壳高和体重值,进行虾夷马粪海胆父母本与子代生长性状相关分析,由表 3 可知,母本体重与子代体重的相关性  $R^2$  可达 0.25,而父本体重与子代体重的相关性  $R^2$  为 0。

2.5 虾夷马粪海胆壳径、壳高与体重生长预测

研究根据虾夷马粪海胆 5 月龄、11 月龄和 17 月龄壳径、壳高与体重的生长数据,进行虾夷马粪海胆各生长指标的预测研究(表 4)。

从表 4 数据可知,5 月龄壳径预测 11 月龄壳径,准确率可达 51.3%,但从 11 月龄预测 17 月龄,5 月龄预测 17 月龄的准确率则较低,仅有 26.4% 和 7.3%。壳高的预测有相同的趋势,但准确率较壳径的预测准确率低。体重的预测情况与壳径、壳高的

表 3 虾夷马粪海胆父母本与子代生长性状相关分析

Tab.3 Correlativity of growth character of parent and filial generation of *Strongylocentrotus intermedius*

亲本	壳径 (mm)	壳高 (mm)	体重 (g)	子代壳径 (mm)	壳径预测值 (mm)	子代壳高 (mm)	壳高预测值 (mm)	子代体重 (g)	体重预测值 (g)
♂ 1	56.89	33.39	67.94	50.70	48.97	29.88	30.48	35.79	34.17
♀ 1	60.48	30.74	70.08		49.46		30.06		35.21
♂ 2	51.91	33.08	58.87	50.15	49.47	30.36	30.28	37.44	34.17
♀ 2	68.88	32.75	105.30		50.59		30.89		38.80
♂ 3	57.05	31.13	65.38	52.16	48.95	31.23	29.01	39.42	34.17
♀ 3	59.76	34.56	82.83		49.37		31.64		36.51
♂ 4	54.61	29.94	64.01	49.86	49.20	30.11	28.24	35.63	34.17
♀ 4	50.21	23.43	40.17		48.08		27.03		32.16
♂ 5	63.15	31.19	24.31	46.46	48.34	28.64	29.05	30.54	34.15
♀ 5	51.09	31.87	54.36		48.20		30.53		33.60
♂ 6	56.24	33.98	68.68	52.65	49.03	32.61	30.86	39.67	34.17
♀ 6	51.42	37.61	51.87		48.24		32.90		33.35
♂ 7	58.97	32.98	70.96	48.80	48.76	47.96	30.21	32.72	34.17
♀ 7	56.01	31.47	62.25		48.86		30.36		34.41
♂ 8	59.38	33.12	71.64	51.00	48.72	30.74	30.30	37.76	34.17
♀ 8	56.92	33.52	69.98		48.99		31.21		35.20
♂ 9	62.77	35.03	84.36	45.45	48.38	24.77	31.54	35.29	34.18
♀ 9	54.35	30.31	56.23		48.64		29.88		33.80
♂ 10	61.07	34.82	76.50	48.55	48.55	29.38	31.41	30.10	34.17
♀ 10	51.36	25.61	47.60		48.24		27.93		32.92
♂ 11	53.14	28.88	54.64	44.85	49.35	24.77	27.55	32.45	34.16
♀ 11	51.54	27.9	46.94		48.26		28.88		32.85
♂ 12	64.06	34.5	98.46	47.65	48.25	28.86	31.20	32.46	34.18
♀ 12	56.78	29.57	61.68		48.97		29.57		34.35
♂ 13	62.34	33.52	86.04	50.92	48.42	29.35	30.56	33.39	34.18
♀ 13	47.39	26.67	44.72		47.70		28.37		32.62
♂ 14	59.4	30.46	64.40	41.43	48.72	21.79	28.58	28.95	34.17
♀ 14	53.53	28.22	53.17		48.93		29.01		33.48
♂ 15	65.76	32.29	92.64	50.55	48.07	28.58	29.76	30.95	34.18
♀ 15	57.23	32.45	51.50		48.03		30.77		33.31
$R^2$ ♂	-	-	-	-	0.018	-	0.044	-	0.00
$R^2$ ♀	-	-	-	-	0.054	-	0.071	-	0.25



表 4 虾夷马粪海胆壳径、壳高与体重生长预测  
Tab. 4 Growth forecast of shell length, shell height and body weight of *Strongylocentrotus intermedius*

指标	预测范围	预测公式	$R^2$
壳径 ( $d$ )	5 月龄预测 11 月龄	$d_{11}=1.148d_5+17.937$	0.513
	11 月龄预测 17 月龄	$d_{17}=0.848d_{11}+15.724$	0.264
	5 月龄预测 17 月龄	$d_{17}=0.715d_{11}+35.604$	0.073
壳高 ( $h$ )	5 月龄预测 11 月龄	$h_{11}=1.052h_5+10.896$	0.272
	11 月龄预测 17 月龄	$h_{17}=0.268h_{11}+23.172$	0.017
	5 月龄预测 17 月龄	$h_{17}=0.490h_5+23.932$	0.014
体重 ( $w$ )	5 月龄预测 11 月龄	$w_{11}=3.599w_5+12.163$	0.307
	11 月龄预测 17 月龄	$w_{17}=1.709w_{11}-1.087$	0.736
	5 月龄预测 17 月龄	$w_{17}=4.263w_5+24.087$	0.109

预测不同,中晚期预测更为准确,利用海胆 11 月龄的体重,预测海胆成熟时的体重,准确率达 73.6%。

3 讨 论

以统计分析方法对生物的生长进行研究并建立生长模型,不但可以了解生物的生长过程,而且可以预测其生长规律(刘颖等,2008)。以往对海洋生物的生长研究多采用传统的观察及文字性描述等手段,对其数据进行大规模统计并建立模型分析则较少。本研究在对虾夷马粪海胆生长数据进行相关分析的基础上进行模型构建及预测,有助于深入了解了解虾夷马粪海胆的生长发育特征,并为其健康养殖模式构建提供理论依据。

大数量的样本是构建数学模型准确性的保证,本研究利用虾夷马粪海胆 15 个父系半同胞家系,45 个母系全同胞家系为实验材料,分别测定每个母系从孵化后到 17 月龄的 30 个后代的体重、壳径、壳高数据,即构建虾夷马粪海胆壳径、壳高与体重生长模型;壳径、壳高与体重相关关系模型;壳径、壳高与体重生长预测模型的样品数为 1350 个,而构建基于父母本生长数据的虾夷马粪海胆生长性状预测模型的样品数量为 450 个,满足构建模型对样品数量的要求。从模型的  $R^2$  值可知,所构建模型的准确性较高,在虾夷马粪海胆壳径、壳高与体重生长模型中,  $R^2$  值分别为 0.986、0.955 和 0.940,在壳径、壳高与体重相关关系模型中,  $R^2$  值为 0.68 ~ 0.86,以上数据表明了所构建模型的可靠性。

唐晨辉和王香亭(1991)发现,黄河鲤鱼体长、体高、胸围及鳞径的关系均呈线性关系,而体重与长度指标间呈对数关系。本研究表明,虾夷马粪海胆壳径、壳高与体重之间存在着相关关系,通过其壳径、壳高可估算其体重。进一步分析表明,在虾夷马

粪海胆壳径、壳高与体重生长模型中,5 ~ 11 月龄的  $R^2$  值较 13 ~ 17 月龄的大,说明这种相关性在早期拟和得好于晚期,从拟合公式的系数看,壳径对体重的贡献大于壳高的贡献,并且这种趋势越到生长后期越明显,这提示我们在今后的以体重为目标的海胆选择育种中,壳径是主要选择指标。

从虾夷马粪海胆壳径、壳高与体重生长预测模型可知,壳径的早期预测较准确,准确率可达 51.3%,壳高的预测有相同的趋势,但准确率较壳径的预测准确率低。体重的中晚期预测更为准确,利用海胆 11 月龄的体重,预测海胆成熟时的体重,准确率达 73.6%,此项结果为虾夷马粪海胆早期选育提供依据,在生产实践中具有实际意义。父母本的生长指标对子代的影响如何,一直是遗传育种研究的重点,本研究根据预测模型判定母本体重预测子代体重的准确率可达 25.2%,而根据父本的体重无法预测子代的体重,这方面的研究还需在今后的生产中进行进一步探讨和验证。

参考文献

查广才,周昌清,黄建荣,等. 2006. 低盐度养殖的凡纳滨对虾体长和体重的增长规律. 水产学报, **30**(4): 489-494.

常亚青,丁 君,宋 坚,等. 2004. 海参、海胆生物学研究与养殖. 北京: 海洋出版社.

常亚青,丁 君,邢荣莲,等. 2004. 用 RAPD 技术对 5 种经济海胆基因组 DNA 多态性的研究. 中国水产科学, **11**(2): 129-134.

常亚青,高绪生. 2004. 中间球海胆的人工育苗及增养殖技术. 水产科学, **23**(4): 45-46.

陈 清,赵文明,吴信生,等. 2006. 不同生长模型估计籽鹅早期体重发育规律及遗传参数. 中国家禽, **28**(24): 146-147.

刘小林,常亚青,相建海,等. 2003. 虾夷马粪海胆早期生长发育的遗传力估计. 中国水产科学, **10**(3): 206-211.

刘 颖,薛 敏,任泽林,等. 2008. 鱼类的生长模型及其在营养需求研究中的应用. 饲料工业, **29**(10): 20-23.

马 境,章龙珍,庄 平,等. 2007. 施氏鲟仔鱼发育及异速生长模型. 应用生态学报, **18**(12): 2875-2882.

唐晨辉,王香亭. 1991. 黄河鲤鱼生长模型的研究. 兰州大学学报, **27**(2): 118-124.

王 欣,胡 江,方素栋,等. 2008. 陶寒杂种羊生长发育模型分析. 甘肃农业大学学报, **43**(1): 58-61.

夏长革,苏延明,常亚青. 2006. 光棘球海胆胚胎发育生物学零度和有效积温的初步研究. 水产科学, **25**(8): 379

- 382.
- 尤 凯, 曾晓起, 刘 晖, 等. 2003. 马粪海胆对环境变化的耐受性与选择性研究. *应用生态学报*, **14**(3): 409-412.
- 张元跃. 2008. 小型猪生长模型的研究. *养猪*, (1): 27-28.
- 郑 云, 龚道清, 张 军, 等. 2005. 骡鸭生长模型的比较研究. *黑龙江畜牧兽医*, (12): 25-26.
- 周 梁. 1999. 猪的生长模型在实际中的应用. *国外畜牧学: 饲料*, (5): 10-14.
- Akyol O, Kinacigil HT, Sevik R. 2007. Longline fishery and length-weight relationships for selected fish species in Gokoya Bay (Aegean Sea, Turkey). *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, **1**: 1-4.
- Amin SMN, Arshad A, Haldar GC, *et al.* 2005. Estimation of size frequency distribution, sex ratio and length-weight relationship of Hilsa (*Tenualosa ilisha*) in the Bangladesh water. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, **1**: 61-66.
- Azmat R, Talat R, Ahmed K. 2007. The length-weight relationship, condition factor and impact of fluoride concentration in *Johnius Belangerii* of Arabian sea. *Research Journal of Environmental Toxicology*, **1**: 138-143.
- Brzqk P, Konarzewski M. 2007. Relationship between avian growth rate and immune response depends on food availability. *Journal of Experimental Biology*, **210**: 2361-2367.
- Cherif M, Zarrad R, Gharbi H, *et al.* 2008. Length-weight relationships for 11 fish species from the gulf of Tunis (SW Mediterranean Sea, Tunisia). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, **3**: 1-5.
- Humber AA, Rodrigo OC. 2002. Allometry coefficient variations of the length-weight relationship of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught in the southwest South Atlantic. *Fisheries Research*, **55**: 307-312.
- Kara AA, Bayhan AB. 2008. Length-weight and length-length relationships of the bogue Boops boops (Linnaeus, 1758) in Izmir Bay (Aegean Sea of Turkey). *Belgium Journal of Zoology*, **138**: 154-157.
- Mustafa Y, Ferda K, Muzezyen K, *et al.* 2008. Canonical correlation analysis of body measurements, growth performance and carcass traits of red karaman lambs. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **7**: 130-136.
- 
- 作者简介** 丁 君, 女, 1973 年, 博士, 副研究员, 硕士生导师。主要从事海洋动物遗传育种与繁育方面的研究。  
E-mail: dingjun1119@dlou.edu.cn
- 责任编辑** 李凤芹
-